

PARTIAL TRANSLATION OF JP 10(1998)-307581 A

Publication Date: November 17, 1998

Title of the Invention: WAVEFORM DATA COMPRESSING DEVICE AND METHOD

Patent Application Number: 9-118497

Filing Date: May 8, 1997

Applicant: FUEISU: KK

Inventors: Yoshiyuki MAJIMA et al.

(Page 8, right column, lines 2-20)

[0066]

[Effect of the Invention] According to a waveform data compressing apparatus of claim 1 and a waveform data coding method of claim 7, cyclic wave extraction processing is conducted, in which a division waveform is given as an object waveform, and a cyclic wave with a remainder component from the object waveform to be the minimum is extracted. The remainder component obtained by the cyclic wave extraction processing is used as an object waveform, and cyclic wave extraction processing is further repeated a predetermined times. A coefficient regarding each extracted cyclic wave is obtained as extraction coefficient data, and the extraction coefficient data of each division is compressed (coded).

[0067] Thus, a desired compression rate and reproduction quality can be obtained depending upon how many times the cyclic wave extraction processing is repeated. Furthermore, the cyclic wave obtained by the first frequency extraction processing is the most important component for reproduction, and as the repetition number is increased, the importance of an obtained cyclic wave decreases. Therefore, even at a high compression rate, a waveform of relatively high quality can be reproduced. Furthermore, by removing an extraction coefficient of a cyclic wave in a portion with a large repetition number of times, a compression rate can be easily increased in accordance with use circumstances.



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **10307581 A**(43) Date of publication of application: **17 . 11 . 98**

(51) Int. Cl.

G10H 1/00**G10K 15/04****G10L 9/14****G10L 9/18****H03M 7/30**(21) Application number: **09118497**(22) Date of filing: **08 . 05 . 97**(71) Applicant: **FUEISU:KK**(72) Inventor: **MAJIMA YOSHIYUKI
KATAYAMA SHINOBU**(54) **WAVEFORM DATA COMPRESSING DEVICE AND METHOD**

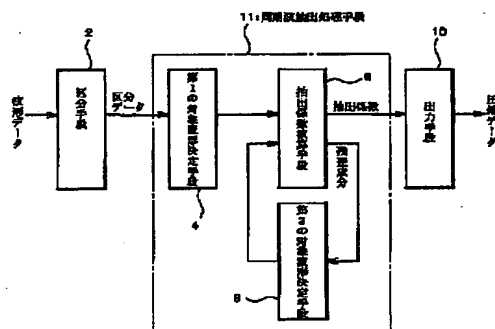
extraction coefficient computing means 6, as applied division compressed data.

(57) Abstract:

COPYRIGHT: (C)1998,JPO

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a compressing technique for realizing high quality and a high compression rate and for properly changing the compression rate corresponding to circumstances.

SOLUTION: A dividing means 2 divides given waveform data into prescribed length of divisions. The division data obtained in this way are given to the first object waveform determining means 4 and the applied division waveform is given as an object waveform to an extraction coefficient computing means 6. The extraction coefficient computing means 6 extracts a cyclic wave with a remainder component from the given object waveform to be the minimum and outputs the coefficient of the cyclic wave as an extraction coefficient. The second object waveform determining means 8 gives the remainder component as an object waveform to the extraction coefficient computing means 6. The extraction coefficient computing means 6 also extracts a cyclic wave for the remainder component and outputs an extraction coefficient in a repeated manner. An output means 10 outputs plural extraction coefficients from the



特開平 10 - 307581

(43) 公開日 平成10年(1998)11月17日

(51) Int. Cl. °

識別記号

F I

G 1 0 H 1/00

G 1 0 H 1/00 Z

G 1 0 K 15/04

3 0 2

G 1 0 K 15/04 3 0 2 D

G 1 0 L 9/14

G 1 0 L 9/14 J

9/18

9/18 A

H 0 3 M 7/30

H 0 3 M 7/30 Z

審査請求 未請求 請求項の数 31 O L

(全 2 2 頁)

(21) 出願番号 特願平 9 - 1 1 8 4 9 7

(22) 出願日 平成9年(1997)5月8日

(71) 出願人 594103286

株式会社フェイス

京都府京都市中京区御幸町夷川上ル松本町

583番地の1フォルム御幸町B1F

(72) 発明者 馬島 良行

静岡県引佐郡引佐町金指1580-36

(72) 発明者 片山 忍

静岡県浜松市入野町915 メゾンアントレ

ープB103

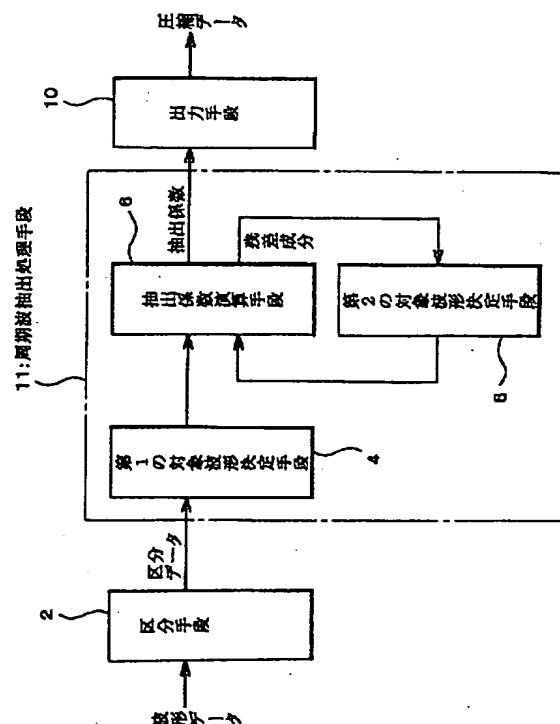
(74) 代理人 弁理士 古谷 栄男 (外3名)

(54) 【発明の名称】 波形データ圧縮装置および方法

(57) 【要約】

【課題】 より高品質、高圧縮率を実現できる圧縮技術を提供することを目的とする。また、状況に応じて、圧縮率を適切に変えることのできる圧縮技術を提供することを目的とする。

【解決手段】 区分手段 2 は、与えられた波形データを所定長の区分に区分けする。これにより得られた区分データは、第 1 の対象波形決定手段 4 に与えられ、当該区分波形が対象波形として抽出係数演算手段 6 に与えられる。抽出係数演算手段 6 は、与えられた対象波形からの残差成分が最小となる周期波を抽出し、当該周期波の係数を抽出係数として出力する。また、第 2 の対象波形決定手段 8 は、上記残差成分を対象波形として、抽出係数演算手段 6 に与える。したがって、抽出係数演算手段 6 は、この残差成分についても周期波を抽出して、抽出係数を出力するという動作を繰り返す。出力手段 10 は、抽出係数演算手段 6 からの複数の抽出係数を、当該区分の圧縮データとして出力する。



$$e(t, f) = x_0(t) - Z(t, f)$$

【特許請求の範囲】

【請求項1】 波形を表すデータを受けて、これを所定区分に区分けて複数の区分データを得る区分手段、区分データによって表される区分波形を対象波形として、当該対象波形からの残差成分が最小となる周期波を抽出する周期波抽出処理を行い、周期波抽出処理によって得られた残差成分を対象波形としてさらに周期波抽出処理を所定回数繰り返して行い、抽出した各周期波に関する係数を抽出係数データとして得る周期波抽出処理手段、

周期波抽出処理手段によって得られた各区分ごとの抽出係数データを圧縮データとして出力する出力手段、を備えた波形データ圧縮装置。

【請求項2】 請求項1の波形データ圧縮装置において、周期波抽出処理手段は、下記を備えたものであることを特徴とするもの：

- (a) 区分データによって表される区分波形を対象波形として抽出係数演算手段に与える第1の対象波形決定手段、
(b) 対象波形 $x_0(t)$ から、下式によって表される周期波 $z(t, f)$ を引いた残差成分 ϵ のエネルギー E が最小となるような係数 f 、 S 、 C を抽出係数として得る抽出係数演算手段、

【数1】

$$Z(t, f) = S(f) \sin(2\pi f t) + C(f) \cos(2\pi f t)$$

【数2】

$$Z(t, f) = A \sin(2\pi f t + \theta) \quad \text{または} \quad Z(t, f) = A \cos(2\pi f t + \theta)$$

【数6】

$$e(t, f) = x_0(t) - Z(t, f)$$

ここで、 A 、 θ は下式で表される、

$$\theta = \tan^{-1} \frac{C}{S} \quad (\sin \text{の場合}) \quad \text{または} \quad \theta = \tan^{-1} \frac{-S}{C} \quad (\cos \text{の場合})$$

ここで、 S 、 C は下式で表される、

【数9】

$$S(f) = \frac{2}{nT} \int_0^{nT} x_0(t) \sin(2\pi f t) dt$$

【数10】

$$C(f) = \frac{2}{nT} \int_0^{nT} x_0(t) \cos(2\pi f t) dt$$

ここで f は任意の周波数、 $x_0(t)$ は対象波形、 $T=1/f$
(s)、 n 、 nT は整数である、

(c) 残差成分 E を対象波形として抽出係数演算手段に与える第2の対象波形決定手段。

【請求項4】 請求項2または3のデータ圧縮装置におい

ここで、 $S(f)$ 、 $C(f)$ は下式で表される、

【数3】

$$S(f) = \frac{2}{nT} \int_0^{nT} x_0(t) \sin(2\pi f t) dt$$

【数4】

$$C(f) = \frac{2}{nT} \int_0^{nT} x_0(t) \cos(2\pi f t) dt$$

ここで f は任意の周波数、 $x_0(t)$ は対象波形、 $T=1/f$
(s)、 n 、 nT は整数である、

(c) 残差成分 E を対象波形として抽出係数演算手段に与える第2の対象波形決定手段。

【請求項3】 請求項1の波形データ圧縮装置において、正弦波抽出処理手段は、下記を備えたものであることを特徴とするもの：

- (a) 区分データによって表される区分波形を対象波形として抽出係数演算手段に与える第1の対象波形決定手段、
(b) 対象波形 $x_0(t)$ から、下式によって表される周期波 $z(t, f)$ を引いた残差成分 ϵ のエネルギー E が最小となるような係数 f 、 A 、 θ を抽出係数として得る抽出係数演算手段、

【数5】

30 【数7】

$$A = \sqrt{S^2 + C^2}$$

【数8】

$$\theta = \tan^{-1} \frac{-S}{C} \quad (\cos \text{の場合})$$

て、抽出係数演算手段は、周波数 f を段階的に変化させて、残差成分 ϵ のエネルギー E が最小となるような抽出係数

を得るものであることを特徴とするもの。
【請求項5】 請求項1、2、3または4のデータ圧縮装置において、

同一区分に対する複数の抽出係数のうち、聴覚の周波数特性によってマスクされる抽出係数を削除して圧縮データとすることを特徴とする波形データ圧縮装置。

【請求項6】 請求項1、2、3、4または5のデータ圧縮装置をコンピュータによって実現するためのプログラムを記録した記録媒体。

【請求項7】 波形データを符号化する方法であって、波形を表すデータを受けて、これを所定区間に区分して

複数の区分データを得て、

区分データによって表される区分波形を対象波形として、当該対象波形からの残差成分が最小となる周期波を抽出する周期波抽出処理を行い、周期波抽出処理によって得られた残差成分を対象波形としてさらに周期波抽出処理を所定回数繰り返して行い、抽出した各周期波に関する係数を抽出係数データとして得て、周期波抽出処理によって得られた各区分ごとの抽出係数データを符号化データとすることを特徴とする波形データ符号化方法。

【請求項8】請求項7の波形データ圧縮方法をコンピュータによって実現するためのプログラムを記録した記録媒体。

【請求項9】所定区分に区分けされた圧縮データを受けて、各区分ごとの圧縮データを得るデータ取得手段、各区分の圧縮データに含まれる抽出係数データに基づいて、各抽出係数に対応する周期波を特定する周期波特定手段、

周期波特定手段によって特定された複数の周期波を合成して、各区分ごとの区分波形を再現して接続する波形再

$$Z(t, f) = A \sin(2\pi f t + \theta) \quad \text{または} \quad Z(t, f) = A \cos(2\pi f t + \theta)$$

波形再現手段は、下式にしたがって波形 $x(t)$ を合成することを特徴とするもの、

【数14】

$$x(t) = \sum_{k=1}^m Z_k(t, f)$$

【請求項12】請求項9、10または11のデータ解凍装置において、

波形再現手段は、各区分における各周期波を、当該区分の前の区分中の所定時点から開始してその成分を徐々に大きくし、当該区分の後ろの区分中の所定時点にて終了するようにその成分を徐々に小さくするようにして、各区分の区分波形を接続するものであることを特徴とするもの。

【請求項13】請求項9、10、11または12のデータ解凍装置をコンピュータによって実現するためのプログラムを記録した記録媒体。

【請求項14】所定区分に区分けされた圧縮データを受けて、各区分ごとの圧縮データを得て、各区分の圧縮データに含まれる抽出係数データに基づいて、各抽出係数に対応する周期波を特定し、特定された複数の周期波を合成して、各区分ごとの区分波形を再現して接続することにより波形を再現することを特徴とする波形データ解凍方法。

【請求項15】請求項14のデータ解凍方法をコンピュータによって実現するためのプログラムを記録した記録媒体。

【請求項16】圧縮データを記録した記録媒体であつ

現手段、

を備えた波形データ解凍装置。

【請求項10】請求項9の波形データ解凍装置において、

周期波特定手段は、下式にしたがって周期波 $z(t, f)$ を特定し、

【数11】

$$Z(t, f) = S(f) \sin(2\pi f t) + C(f) \cos(2\pi f t)$$

10 波形再現手段は、下式にしたがって波形 $x(t)$ を合成することを特徴とするもの、

【数12】

$$x(t) = \sum_{k=1}^m Z_k(t, f)$$

【請求項11】請求項9の波形データ解凍装置において、

周期波特定手段は、下式にしたがって周期波 $z(t, f)$ を特定し、

【数13】

て、当該圧縮データは下記のデータ構造を備えている：元の波形を区分けした各区分のための領域のそれぞれに下記の抽出係数データを記憶している、

前記抽出係数データは、元の波形を区分けした区分波形を対象波形として、当該対象波形からの残差成分が最小となる周期波を抽出する周期波抽出処理を行い、周期波抽出処理によって得られた残差成分を対象波形としてさらに周期波抽出処理を所定回数繰り返して行い、抽出した各周期波に関する係数を備えている。

【請求項17】請求項16の圧縮データを記録した記録媒体において、

前記抽出係数データは、対象波形 $x_0(t)$ から、下式によって表される周期波 $z(t, f)$ を引いた残差成分 ϵ のエネルギー E が最小となるような係数 f 、 S 、 C であるもの：

【数15】

$$Z(t, f) = S(f) \sin(2\pi f t) + C(f) \cos(2\pi f t)$$

【数16】

$$\epsilon(t, f) = x_0(t) - Z(t, f)$$

ここで、 $S(f)$ 、 $C(f)$ は下式で表される、

【数17】

$$S(f) = \frac{2}{nT} \int_0^{nT} x_0(t) \sin(2\pi f t) dt$$

【数18】

$$C(f) = \frac{2}{nT} \int_0^{nT} x_0(t) \cos(2\pi f t) dt$$

ここで f は任意の周波数、 $x_0(t)$ は対象波形、 $T=1/f$ (s)、 n 、 nT は整数である。

【請求項18】請求項16の圧縮データを記録した記録媒体において、

$$Z(t, f) = A \sin(2\pi f t + \theta) \quad \text{または} \quad Z(t, f) = A \cos(2\pi f t + \theta)$$

【数20】

$$\epsilon(t, f) = x_0(t) - Z(t, f)$$

ここで、 A 、 θ は下式で表される、

【数21】

$$\theta = \tan^{-1} \frac{C}{S} \quad (\sin \text{ の場合}) \quad \text{または} \quad \theta = \tan^{-1} \frac{-S}{C} \quad (\cos \text{ の場合})$$

ここで、 S 、 C は下式で表される、

【数23】

$$S(f) = \frac{2}{nT} \int_0^{nT} x_0(t) \sin(2\pi f t) dt$$

【数24】

$$C(f) = \frac{2}{nT} \int_0^{nT} x_0(t) \cos(2\pi f t) dt$$

ここで f は任意の周波数、 $x_0(t)$ は対象波形、 $T=1/f$ (s)、 n 、 nT は整数である。

【請求項19】波形データを記録する方法であって、波形を表すデータを受けて、これを所定区間に区分して複数の区分データを得て、

区分データによって表される区分波形を対象波形として、当該対象波形からの残差成分が最小となる周期波を抽出する周期波抽出処理を行い、周期波抽出処理によって得られた残差成分を対象波形としてさらに周期波抽出処理を所定回数繰り返して行い、抽出した各周期波に関する係数を抽出係数データとして得て、

周期波抽出処理によって得られた各区分ごとの抽出係数データを記録することを特徴とする波形データ記録方法。

【請求項20】波形データを伝送する方法であって、波形を表すデータを受けて、これを所定区間に区分して複数の区分データを得て、

区分データによって表される区分波形を対象波形として、当該対象波形からの残差成分が最小となる周期波を抽出する周期波抽出処理を行い、周期波抽出処理によって得られた残差成分を対象波形としてさらに周期波抽出処理を所定回数繰り返して行い、抽出した各周期波に関する係数を抽出係数データとして得て、周期波抽出処理によって得られた各区分ごとの抽出係数データを伝送することを特徴とする波形データ伝送方法。

【請求項21】請求項20の波形データ伝送方法において、

伝送が迅速に行われている場合には、前記抽出処理の繰

*前記抽出係数データは、対象波形 $x_0(t)$ から、下式によって表される周期波 $z(t, f)$ を引いた残差成分 ϵ のエネルギー E が最小となるような係数 f 、 A 、 θ であるもの：

* 【数19】

$$A = \sqrt{S^2 + C^2}$$

【数22】

り返し回数を多くし、

伝送が迅速に行われいない場合には、前記抽出処理の繰り返し回数を少なくするようにしたことを特徴とするもの。

【請求項22】請求項20の波形データ伝送方法において、

20 伝送が迅速に行われている場合には、前記抽出係数の全てを伝送し、伝送が迅速に行われていない場合には、前記繰り返し回数の少ない段階で得られた抽出係数ほど伝送の優先順位を高くして、前記抽出係数の伝送数を少なくするようにしたことを特徴とするもの。

【請求項23】請求項20の波形データ伝送方法において、

サンプルデータ伝送時には、記繰り返し回数の少ない段階で得られた抽出係数ほど伝送の優先順位を高くして、少ない数の抽出係数を伝送し、正式データ伝送時には残りの抽出係数を伝送することを特徴とするもの。

【請求項24】楽器の演奏データをMIDIデータとして記録し、MIDIデータ以外の音楽データを、請求項1～5のいずれかの波形データ圧縮装置または請求項7の波形データ符号化方法によって圧縮もしくは符号化したデータとして記録する音楽データ記録方法。

【請求項25】楽器の演奏データをMIDIデータとして伝送し、MIDIデータ以外の音楽データを、請求項1～5のいずれかの波形データ圧縮装置または請求項7の符号化方法によって圧縮もしくは符号化したデータとして伝送する音楽データ伝送方法。

【請求項26】請求項24の音楽データ記録方法または請求項25の音楽データ伝送方法において、

前記MIDIデータ以外の音楽データは、コーラスデータ、音声データまたは楽器の演奏データであることを特徴とするもの。

【請求項27】請求項24の音楽データ記録方法または請求項25の音楽データ伝送方法において、

前記楽器の演奏以外の音楽データを、MIDIデータのチャックとして、MIDIデータと一緒に記録または伝送するようにしたことを特徴とするもの。

【請求項28】楽器の演奏データはMIDIデータとして復元し、楽器の演奏データ以外の音楽データは、請求項9～12のいずれかの波形データ解凍装置または請求項14の波形データ解凍方法によって解凍したデータとして再生する音楽データ再生方法。

【請求項29】楽器の演奏データはMIDIデータとして受信し、楽器の演奏データ以外の音楽データは、請求項9～12のいずれかの波形データ解凍装置または請求項14の波形データ解凍方法によって解凍したデータとして受信する音楽データ受信方法。

【請求項30】請求項28の音楽データ再生方法または請求項29の音楽データ受信方法において、全ての係数 f に修正係数を乗じることにより、解凍した波形のピッチを変更するようにしたことを特徴とするもの。

【請求項31】請求項28の音楽データ再生方法または請求項29の音楽データ受信方法において、全ての区分長に修正係数を乗じることにより、解凍した波形のテンポを変更するようにしたことを特徴とするもの。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の技術分野】この発明は、一般調和解析を用いた波形データの圧縮に関するものである。

【0002】

【従来の技術およびその課題】波形データの圧縮方法として、たとえばMPEGやMDにおけるデータ圧縮が知られている。これらにおいても、かなりの高品質で、かつ高圧縮率を実現しているが、さらなる向上が望まれている。また、MPEGにおいては、圧縮率および品質をダイナミックに変動させることが困難であった。このため、通信等の使用状況に即応して適正な圧縮率、品質を実現することが容易ではなかった。

【0003】この発明は、上記のような問題点を解決して、より高品質、高圧縮率を実現できる圧縮技術を提供することを目的とする。また、状況に応じて、圧縮率を適切に変えることのできる圧縮技術を提供することを目的とする。

【0004】

【課題を解決するための手段】請求項1の波形データ圧縮装置は、波形を表すデータを受けて、これを所定区分に区分けして複数の区分データを得る区分手段、区分データによって表される区分波形を対象波形として、当該対象波形からの残差成分が最小となる周期波を抽出する周期波抽出処理を行い、周期波抽出処理によって得られた残差成分を対象波形としてさらに周期波抽出処理を所定回数繰り返して行い、抽出した各周期波に関する係数

$$Z(t, f) = A \sin(2\pi f t + \theta) \quad \text{または} \quad Z(t, f) = A \cos(2\pi f t + \theta)$$

【0013】

を抽出係数データとして得る周期波抽出処理手段、周期波抽出処理手段によって得られた各区分ごとの抽出係数データを圧縮データとして出力する出力手段、を備えている。

【0005】請求項2の波形データ圧縮装置は、周期波抽出処理手段が、下記を備えたものであることを特徴としている：

(a) 区分データによって表される区分波形を対象波形として抽出係数演算手段に与える第1の対象波形決定手段、(b) 対象波形 $x_0(t)$ から、下式によって表される周期波 $z(t, f)$ を引いた残差成分 ε のエネルギー E が最小となるような係数 f 、 S 、 C を抽出係数として得る抽出係数演算手段、

【0006】

【数25】

$$Z(t, f) = S(f) \sin(2\pi f t) + C(f) \cos(2\pi f t)$$

【0007】

【数26】

$$\varepsilon(t, f) = x_0(t) - Z(t, f)$$

【0008】ここで、 $S(f)$ 、 $C(f)$ は下式で表される、

【0009】

【数27】

$$S(f) = \frac{2}{nT} \int_0^{nT} x_0(t) \sin(2\pi f t) dt$$

【0010】

【数28】

$$C(f) = \frac{2}{nT} \int_0^{nT} x_0(t) \cos(2\pi f t) dt$$

【0011】ここで f は任意の周波数、 $x_0(t)$ は対象波形、 $T=1/f(s)$ 、 n 、 nT は整数である、(c) 残差成分 E を対象波形として抽出係数演算手段に与える第2の対象波形決定手段。請求項3の波形データ圧縮装置は、正弦波抽出処理手段が、下記を備えたものであることを特徴としている：

(a) 区分データによって表される区分波形を対象波形として抽出係数演算手段に与える第1の対象波形決定手段、(b) 対象波形 $x_0(t)$ から、下式によって表される周期波 $z(t, f)$ を引いた残差成分 ε のエネルギー E が最小となるような係数 f 、 A 、 θ を抽出係数として得る抽出係数演算手段、

【0012】

【数29】

50 【数30】

$$\varepsilon(t, f) = x_0(t) - Z(t, f)$$

【0014】ここで、A、 θ は下式で表される、
 【0015】
 【数31】

$$\theta = \tan^{-1} \frac{C}{S} \quad (\sin \text{の場合}) \quad \text{または} \quad \theta = \tan^{-1} \frac{-S}{C} \quad (\cos \text{の場合})$$

【0017】ここで、S、Cは下式で表される、
 【0018】
 【数33】

$$S(f) = \frac{2}{nT} \int_0^{nT} x_0(t) \sin(2\pi f t) dt$$

【0019】
 【数34】

$$C(f) = \frac{2}{nT} \int_0^{nT} x_0(t) \cos(2\pi f t) dt$$

【0020】ここでfは任意の周波数、 $x_0(t)$ は対象波形、 $T=1/f(s)$ 、n、nTは整数である、(c)残差成分Eを対象波形として抽出係数演算手段に与える第2の対象波形決定手段。

【0021】請求項4のデータ圧縮装置は、抽出係数演算手段が、周波数fを段階的に変化させて、残差成分EのエネルギーEが最小となるような抽出係数を得るものであることを特徴としている。

【0022】請求項5のデータ圧縮装置は、同一区分に対する複数の抽出係数のうち、聴覚の周波数特性によってマスクされる抽出係数を削除して圧縮データとすることを特徴としている。

【0023】請求項7の波形データ符号化方法は、波形を表すデータを受けて、これを所定区間に区分して複数の区分データを得て、区分データによって表される区分波形を対象波形として、当該対象波形からの残差成分が最小となる周期波を抽出する周期波抽出処理を行い、周期波抽出処理によって得られた残差成分を対象波形としてさらに周期波抽出処理を所定回数繰り返して行い、抽出した各周期波に関する係数を抽出係数データとして得

$$Z(t, f) = A \sin(2\pi f t + \theta) \quad \text{または} \quad Z(t, f) = A \cos(2\pi f t + \theta)$$

【0031】波形再現手段は、下式にしたがって波形x(t)を合成することを特徴としている。

【0032】
 【数38】

$$x(t) = \sum_{k=1}^m Z_k(t, f)$$

【0033】請求項12のデータ解凍装置は、波形再現手段が、各区分における各周期波を、当該区分の前の区

$$A = \sqrt{S^2 + C^2}$$

【0016】
 【数32】

て、周期波抽出処理によって得られた各区分ごとの抽出係数データを符号化データとすることを特徴としている。

【0024】請求項9の波形データ解凍装置は、所定区分に区分けされた圧縮データを受けて、各区分ごとの圧縮データを得るデータ取得手段、各区分の圧縮データに含まれる抽出係数データに基づいて、各抽出係数に対応する周期波を特定する周期波特定手段、周期波特定手段によって特定された複数の周期波を合成して、各区分ごとの区分波形を再現して接続する波形再現手段、を備えている。

【0025】請求項10の波形データ解凍装置において、周期波特定手段は、下式にしたがって周期波z(t, f)を特定し、

【0026】
 【数35】

$$Z(t, f) = S(f) \sin(2\pi f t) + C(f) \cos(2\pi f t)$$

【0027】波形再現手段は、下式にしたがって波形x(t)を合成することを特徴としている。

【0028】
 【数36】

$$x(t) = \sum_{k=1}^m Z_k(t, f)$$

【0029】請求項11の波形データ解凍装置において、周期波特定手段は、下式にしたがって周期波z(t, f)を特定し、

【0030】
 【数37】

分中の所定時点から開始してその成分を徐々に大きくし、当該区分の後ろの区分中の所定時点にて終了するようにその成分を徐々に小さくするようにして、各区分の区分波形を接続するものであることを特徴としている。

【0034】請求項14の波形データ解凍方法は、所定区分に区分けされた圧縮データを受けて、各区分ごとの圧縮データを得て、各区分の圧縮データに含まれる抽出係数データに基づいて、各抽出係数に対応する周期波を特定し、特定された複数の周期波を合成して、各区分

ごとの区分波形を再現して接続することにより波形を再現することの特徴としている。

【0035】請求項16の圧縮データを記録した記録媒体は、当該圧縮データが下記のデータ構造を備えている：元の波形を区分けした各区分のための領域のそれぞれに下記の抽出係数データを記憶している、前記抽出係数データは、元の波形を区分けした区分波形を対象波形として、当該対象波形からの残差成分が最小となる周期波を抽出する周期波抽出処理を行い、周期波抽出処理によって得られた残差成分を対象波形としてさらに周期波抽出処理を所定回数繰り返して行い、抽出した各周期波に関する係数を備えている。

【0036】請求項17の圧縮データを記録した記録媒体は、抽出係数データが、対象波形 $x_0(t)$ から、下式によって表される周期波 $z(t, f)$ を引いた残差成分 ε のエネルギー E が最小となるような係数 f 、 S 、 C である：

【0037】

【数39】

$$Z(t, f) = S(f) \sin(2\pi f t) + C(f) \cos(2\pi f t)$$

【0038】

$$Z(t, f) = A \sin(2\pi f t + \theta)$$

または

$$Z(t, f) = A \cos(2\pi f t + \theta)$$

【0045】

【数44】

$$\varepsilon(t, f) = x_0(t) - Z(t, f)$$

【0046】ここで、 A 、 θ は下式で表される、

【0047】

$$\theta = \tan^{-1} \frac{C}{S}$$

(sinの場合)

または

$$\theta = \tan^{-1} \frac{-S}{C}$$

(cosの場合)

【0049】ここで、 S 、 C は下式で表される、

【0050】

【数47】

$$S(f) = \frac{2}{nT} \int_0^{nT} x_0(t) \sin(2\pi f t) dt$$

【0051】

【数48】

$$C(f) = \frac{2}{nT} \int_0^{nT} x_0(t) \cos(2\pi f t) dt$$

【0052】ここで f は任意の周波数、 $x_0(t)$ は対象波形、 $T=1/f(s)$ 、 n 、 nT は整数である。

【0053】請求項19の波形データ記録方法は、波形を表すデータを受けて、これを所定区間に区分して複数の区分データを得て、区分データによって表される区分波形を対象波形として、当該対象波形からの残差成分が最小となる周期波を抽出する周期波抽出処理を行い、周期波抽出処理によって得られた残差成分を対象波形とし

50

【数40】

$$\varepsilon(t, f) = x_0(t) - Z(t, f)$$

【0039】ここで、 $S(f)$ 、 $C(f)$ は下式で表される、

【0040】

【数41】

$$S(f) = \frac{2}{nT} \int_0^{nT} x_0(t) \sin(2\pi f t) dt$$

【0041】

【数42】

$$C(f) = \frac{2}{nT} \int_0^{nT} x_0(t) \cos(2\pi f t) dt$$

【0042】ここで f は任意の周波数、 $x_0(t)$ は対象波形、 $T=1/f(s)$ 、 n 、 nT は整数である。

【0043】請求項18の圧縮データを記録した記録媒体は、抽出係数データが、対象波形 $x_0(t)$ から、下式によって表される周期波 $z(t, f)$ を引いた残差成分 ε のエネルギー E が最小となるような係数 f 、 A 、 θ である：

【0044】

【数43】

【数45】

$$A = \sqrt{S^2 + C^2}$$

【0048】

【数46】

てさらに周期波抽出処理を所定回数繰り返して行い、抽出した各周期波に関する係数を抽出係数データとして得て、周期波抽出処理によって得られた各区分ごとの抽出係数データを記録することの特徴としている。

【0054】請求項20の波形データ伝送方法は、波形を表すデータを受けて、これを所定区間に区分して複数の区分データを得て、区分データによって表される区分波形を対象波形として、当該対象波形からの残差成分が最小となる周期波を抽出する周期波抽出処理を行い、周期波抽出処理によって得られた残差成分を対象波形としてさらに周期波抽出処理を所定回数繰り返して行い、抽出した各周期波に関する係数を抽出係数データとして得て、周期波抽出処理によって得られた各区分ごとの抽出係数データを伝送することの特徴としている。

【0055】請求項21の波形データ伝送方法は、伝送が迅速に行われている場合には、前記抽出処理の繰り返し回数を多くし、伝送が迅速に行われない場合には、前記抽出処理の繰り返し回数を少なくするようにしたこと

を特徴としている。

【0056】請求項22の波形データ伝送方法は、伝送が迅速に行われている場合には、前記抽出係数の全てを伝送し、伝送が迅速に行われていない場合には、前記繰り返し回数少ない段階で得られた抽出係数ほど伝送の優先順位を高くして、前記抽出係数の伝送数を少なくするようにしたことを特徴としている。

【0057】請求項23の波形データ伝送方法は、サンプルデータ伝送時には、繰り返し回数少ない段階で得られた抽出係数ほど伝送の優先順位を高くして、少ない数の抽出係数を伝送し、正式データ伝送時には残りの抽出係数を伝送することを特徴としている。

【0058】請求項24の音楽データ記録方法は、楽器の演奏データをMIDIデータとして記録し、MIDIデータ以外の音楽データを、請求項1～5のいずれかの波形データ圧縮装置または請求項7の波形データ符号化方法によって圧縮ないし符号化したデータとして記録するものである。

【0059】請求項25の音楽データ伝送方法は、楽器の演奏データをMIDIデータとして伝送し、MIDIデータ以外の音楽データを、請求項1～5のいずれかの波形データ圧縮装置または請求項7の圧縮符号化によって圧縮ないし符号化したデータとして伝送するものである。

【0060】請求項26の音楽データ伝送方法は、コーラスデータ、音声データまたは演奏データを楽器の演奏以外の音楽データとするものであることを特徴としている。

【0061】請求項27の音楽データ伝送方法または記録方法は、楽器の演奏以外の音楽データを、MIDIデータのチャックとして、MIDIデータと一緒に記録または伝送するようにしたことを特徴としている。

【0062】請求項28の音楽データ再生方法は、楽器の演奏データはMIDIデータとして復元し、楽器の演奏データ以外の音楽データは、請求項9～12のいずれかの波形データ解凍装置または請求項14の波形データ解凍方法によって解凍したデータとして再生するものである。

【0063】請求項29の音楽データ受信方法は、楽器の演奏データはMIDIデータとして受信し、楽器の演奏データ以外の音楽データは、請求項9～12のいずれかの波形データ解凍装置または請求項14の波形データ解凍方法によって解凍したデータとして受信するものである。

【0064】請求項30の音楽データ再生方法または音楽データ受信方法は、全ての係数 f に修正係数を乗じることにより、解凍した波形のピッチを変更するようにしたことを特徴としている。

【0065】請求項31の音楽データ再生方法または音楽データ受信方法は、全ての区分長に修正係数を乗じることにより、解凍した波形のテンポを変更するようにし

たことを特徴としている。

【0066】

【発明の効果】請求項1の波形データ圧縮装置および請求項7の波形データ符号化方法は、区分波形を対象波形として、当該対象波形からの残差成分が最小となる周期波を抽出する周期波抽出処理を行い、周期波抽出処理によって得られた残差成分を対象波形としてさらに周期波抽出処理を所定回数繰り返して行い、抽出した各周期波に関する係数を抽出係数データとして得て、各区分ごとの抽出係数データを圧縮(符号化)データとしている。

【0067】したがって、周期波抽出処理を何回繰り返して行うかによって、所望の圧縮率と再現品質を得ることができる。また、1回目の周波数抽出処理によって得られた周期波が再現の際の最も重要な成分となり、繰り返し回数が増加するにしたがって得られる周期波の重要性が低下する。したがって、高い圧縮率においても比較的高品質な再現波形を得ることができる。また、繰り返し回数大きい部分の周期波の抽出係数を取り除くことにより、使用状況に応じて、圧縮率を高くすることが容易である。

【0068】請求項5のデータ圧縮装置は、同一区分に対する複数の抽出係数のうち、聴覚の周波数特性によってマスクされる抽出係数を削除して圧縮データとすることを特徴としている。したがって、再現された波形の聴覚を損なうことなく、圧縮率を向上させることができる。

【0069】請求項9の波形データ解凍装置および請求項14の波形データ解凍方法は、各区分の圧縮データに含まれる抽出係数データに基づいて、各抽出係数に対応する周期波を特定し、特定された複数の周期波を合成して、各区分ごとの区分波形を再現して接続することにより波形を再現するようにしている。したがって、精度よく波形を復元することができる。

【0070】請求項12のデータ解凍装置は、各区分における各周期波を、当該区分の前の区分中の所定時点から開始してその成分を徐々に大きくし、当該区分の後ろの区分中の所定時点にて終了するようにその成分を徐々に小さくするようにして、各区分の区分波形を接続するようにしている。したがって、各区分の接続点における再現波形の不連続性をなくすることができる。

【0071】請求項19の波形データ記録方法および請求項20の波形データ伝送方法は、区分波形を対象波形として、当該対象波形からの残差成分が最小となる周期波を抽出する周期波抽出処理を行い、周期波抽出処理によって得られた残差成分を対象波形としてさらに周期波抽出処理を所定回数繰り返して行い、抽出した各周期波に関する係数を抽出係数データとして得て、各区分ごとの抽出係数データを記録または伝送するようにしている。

【0072】したがって、周期波抽出処理を何回繰り返

して行かうかによって、所望の圧縮率と再現品質を得ることができる。また、1回目の周波数抽出処理によって得られた周期波が再現の際の最も重要な成分となり、繰り返し回数が増加するにしたがって得られる周期波の重要性が低下する。したがって、高い圧縮率においても比較的高品質な再現波形を得ることができる。また、繰り返し回数の大きい部分の周期波の抽出係数を取り除くことにより、使用状況に応じて、圧縮率を高くすることが容易である。

【0073】請求項21の波形データ伝送方法は、伝送が迅速に行われている場合には、前記抽出処理の繰り返し回数を多くし、伝送が迅速に行われない場合には、前記抽出処理の繰り返し回数を少なくするようにしている。抽出処理の繰り返し回数が多くなれば圧縮誤差は小さくなるが、圧縮処理に時間を要する。一方、抽出処理の繰り返し回数が少くなれば圧縮誤差は大きくなるが、圧縮処理の時間は短くなる。請求項21の方法によれば、伝送回路や伝送路等の伝送の状況に応じて、ダイナミックに繰り返し回数を変化させることにより、品質、処理時間の双方において最適な圧縮率を得ることができる。また、抽出処理の繰り返し回数が大きくなるほど、抽出結果の重要度が急激に低下するので、繰り返し回数を少なくすることによる圧縮誤差の低下は、最小限に免れる。

【0074】請求項22の波形データ伝送方法は、伝送が迅速に行われている場合には、前記抽出係数の全てを伝送し、伝送が迅速に行われない場合には、前記繰り返し回数の少ない段階で得られた抽出係数ほど伝送の優先順位を高くして、前記抽出係数の伝送数を少なくするようにしたことを特徴としている。したがって、請求項21と同じように、抽出係数の伝送数をダイナミックに変化させて、品質と伝送データ量の双方において最適化を図ることができる。

【0075】請求項23の波形データ伝送方法は、サンプルデータ伝送時には、記録繰り返し回数の少ない段階で得られた抽出係数ほど伝送の優先順位を高くして、少ない数の抽出係数を伝送し、正式データ伝送時には残りの抽出係数を伝送することを特徴としている。したがって、サンプルデータを無駄にすることなく、これを正式データの一部として用いることができる。このため、正式データ伝送時の伝送時間を短くすることができる。

【0076】請求項24、26の音楽データ記録方法は、楽器の演奏データをMIDIデータとして記録し、MIDIデータ以外の音楽データを、請求項1～5のいずれかの波形データ圧縮装置または請求項7の波形データ符号化方法によって圧縮ないし符号化したデータとして記録するものである。したがって、カラオケ演奏データ等のMIDIデータとともに、コーラス等の波形データを記録することができる。

【0077】請求項25、26の音楽データ伝送方法は

楽器の演奏データをMIDIデータとして伝送し、MIDIデータ以外の音楽データは、請求項1～5のいずれかの波形データ圧縮装置または請求項7の符号化方法によって符号化したデータとして伝送するものである。したがって、カラオケ演奏データ等のMIDIデータとともに、コーラス等の波形データを伝送することができる。

【0078】請求項27の音楽データ伝送方法または記録方法は、楽器の演奏以外の音楽データを、MIDIデータのチャンクとして、MIDIデータと一緒に記録または伝送するようにしたことを特徴としている。したがって、MIDIデータによる演奏と、コーラス等の音楽データによる音とを、同期をとって再生することが容易である。

【0079】請求項28の音楽データ再生方法は、楽器の演奏データをMIDIデータとして復元し、MIDIデータ以外の音楽データを、請求項9～12のいずれかの波形データ解凍装置または請求項14の波形データ解凍方法によって解凍したデータとして再生するものである。したがって、カラオケ演奏データ等のMIDIデータとともに、コーラス等の波形データを再生することができる。

【0080】請求項29の音楽データ受信方法は、楽器の演奏データをMIDIデータとして受信し、MIDIデータ以外の音楽データを、請求項9～12のいずれかの波形データ解凍装置または請求項14の波形データ解凍方法によって解凍したデータとして受信するものである。したがって、カラオケ演奏データ等のMIDIデータとともに、コーラス等の波形データを受信することができる。

【0081】請求項30の音楽データ再生方法または音楽データ受信方法は、全ての係数 f に修正係数を乗じることにより、解凍した波形のピッチを変更するようにしたことを特徴としている。したがって、簡易かつ正確にピッチを変更することができる。

【0082】請求項31の音楽データ再生方法または音楽データ受信方法は、全ての区分長に修正係数を乗じることにより、解凍した波形のテンポを変更するようにしたことを特徴としている。したがって、簡易かつ正確にテンポを変更することができる。

【0083】

【発明の実施形態】

1. 全体構成

図1に、この発明の一実施形態による波形データ圧縮装置の全体構成を示す。区分手段2は、与えられた波形データを所定長の区分に区分けする。これにより得られた区分データは、第1の対象波形決定手段4に与えられ、当該区分波形が対象波形として抽出係数演算手段6に与えられる。抽出係数演算手段6は、与えられた対象波形からの残差成分が最小となる周期波を抽出し、当該周期

波の係数を抽出係数として出力する。また、第2の対象波形決定手段8は、上記残差成分を対象波形として、抽出係数演算手段6に与える。したがって、抽出係数演算手段6は、この残差成分についても周期波を抽出して、抽出係数を出力するという動作を繰り返す。出力手段10は、抽出係数演算手段6からの複数の抽出係数を、当該区分の圧縮データとして出力する。なお、この実施形態においては、第1の対象波形決定手段4、抽出係数演算手段6、第2の対象波形決定手段8によって、周期抽出処理手段11が構成されている。

【0084】図2に、この発明の一実施形態による波形データ解凍装置の全体構成を示す。データ取得手段12は、圧縮データを受けて、区分ごとの圧縮データとして周期波特定手段14に与える。周期波特定手段14は、圧縮データに含まれる抽出係数に基づいて、周期波を特定する。当該区分の圧縮データには、抽出係数が複数含まれているので、複数の周期波を特定することとなる。それぞれの周期波は、スムーズ手段161~16Nに与えられ、端部がスムーズに他の区分と接合できるようにスムーズ処理がされる。合成・接続手段18は、スムーズ処理された複数の周期波を合成し、当該区分の波形データを再現する。合成・接続手段18は、さらに、合成して得た各区分の波形データを接続し、波形データを再現する。

【0085】この実施形態においては、波形データとして演奏、歌等の楽音データを扱っているが、画像等の波形データについても同様に適用することができる。

【0086】2. ハードウェア構成

図3に、図1、図2の各手段をCPU50を用いて実現した場合のハードウェア構成を示す。CPU50には、A/D変換器78、D/A変換器80、ハードディスク52、ディスプレイ54、通信回路56、メモリ58、フロッピーディスクドライブ(FDD)60、キーボードおよびマウス62、DMAコントローラ63が接続されている。ハードディスク52には、圧縮プログラム68、解凍プログラム70が記録されている。

【0087】音声等のアナログ波形信号は、A/D変換器78においてデジタルデータに変換される。このデジタル波形データは、メモリ58のオーディオ・ストリーム・バッファ76に順次格納される。CPU50は、圧縮プログラム68にしたがって、オーディオ・ストリーム・バッファ76に格納されたデジタル波形データを圧縮処理する。さらに、圧縮した波形データを、ハードディスク52中に圧縮波形データファイル74として記録したり、FDD60を介してフロッピーディスク67に記録したり、通信回路56を介して伝送したりする。

【0088】なお、上記実施形態では、圧縮対象データとして、A/D変換器78を介して波形データを取り込んで、フロッピーディスク66や通信回線等から

直接、デジタルデータを取り込んでもよい。

【0089】また、CPU50は、解凍プログラム70にしたがって、圧縮波形データファイル74中の圧縮波形データを解凍して、元の波形データを再現する。再現した波形データは、オーディオ・ストリーム・バッファ76に順次書き込まれる。バッファ76の波形データは、順次読み出されて、D/A変換器80において再現アナログ波形信号に変換される。

【0090】なお、この実施形態では、ハードディスク52に記憶された圧縮波形データを解凍したが、フロッピーディスク67に記憶されものや、通信回線を介して送られてきたものを解凍対象としてもよい。

【0091】ここで、圧縮プログラム68、解凍プログラム70は、フロッピーディスク64からFDD60を介してインストールされたものである。なお、この圧縮プログラム68は、他の記録媒体(CD-ROM、メモリカード等)からインストールされたものであってもよく、通信回線(通信媒体)を介してダウンロードされたものであってもよい。

【0092】なお、この実施形態においては、図1、図2に示す各機能をCPUを用いて実現しているが、その一部または全部をハードウェアロジックによって実現してもよい。

【0093】3. 圧縮処理プログラム

図4および図6に、圧縮処理をフローチャートにて示す。この実施形態では、図6の圧縮処理のプログラムによって圧縮プログラム68が構成されている。

【0094】図4のオーディオストリーム処理は、A/D変換器78が、1サンプルをデジタルデータに変換するごとに、DMAコントローラ63の制御により、処理開始がなされる。この実施形態では、A/D変換器78のサンプリング周波数を44.1KHzとした。割り込みが生じると、DMAコントローラ63は、オーディオ・ストリーム・バッファ76の書き込みポインタWpの位置から、デジタル波形データ(1サンプル分)を書き込む(ステップS1)。

【0095】オーディオ・ストリーム・バッファ76は、図5に示すように、エンドレスバッファとなっている。アドレスは右回りに増加するように設定されており、書込ポインタWpと読出ポインタRpが付与されている。

【0096】DMAコントローラ63は、書込ポインタWpを更新して次の書込に備え、終了する(ステップS2)。以上のようにして、オーディオ・ストリーム・バッファ76には、デジタル波形データが蓄積されていく。このようなエンドレスバッファを用いることにより、小さな容量のバッファにて、次々と送られてくるA/D変換されたデータをリアルタイムに扱うことができる。

【0097】なお、予めハードディスク52等に記憶さ

れたデジタル波形データを圧縮する場合には、図4の処理は不要である。

【0098】一方、図6の圧縮処理は、所定時間経過ごとにタイマ割り込みによって実行される。割り込みが生じると、CPU50は、バッファ76に、所定区分長の波形データが蓄積されているか否かを判断する(ステップS10)。この実施形態では、10msec時間分の波形データを所定区分長の波形データとした。所定区分長の波形データがバッファ76に蓄積されていなければ、実質的な圧縮処理を行わず、今回の割り込み処理を終了する。

【0099】所定区分長以上のの波形データがバッファ76に蓄積されていれば、CPU50は、読出ポインタRpから、所定区分長の波形データを読み出す(ステップS11)。その後、次の読み出しに備えるため、読み出しポインタRpを更新する(ステップS12)。

【0100】なお、この実施形態では、区分長を固定しているが、周波数の高い部分の区分長は短く、低い部分の区分長は長くするようにしてもよい。たとえば、波形が所定回数ゼロクロスした時点で区分けすればこれを実現できる。なお、このように区分長が変化する場合に

は、後述のように、当該区分の開始時刻と継続時間とを記憶しておく必要がある。

【0101】次に、CPU50は、読み出した区分波形データを、対象波形データとする(ステップS13)。さらに、この対象波形からの残差成分が最小となるような周期波を抽出し、当該周期波の係数を抽出係数データとして得る(ステップS14)。次に、CPU50は、上記の抽出処理をN回繰り返したか否かを判断する(ステップS15)。

【0102】N回繰り返していなければ、CPU50 *

$$Z(t, f) = A \sin(2\pi f t + \theta) \quad \text{または} \quad Z(t, f) = A \cos(2\pi f t + \theta)$$

【0108】ここで、

【0109】

【数50】

$$A = \sqrt{S^2 + C^2}$$

※

$$\theta = \tan^{-1} \frac{C}{S} \quad (\sin \text{の場合}) \quad \text{または} \quad \theta = \tan^{-1} \frac{-S}{C} \quad (\cos \text{の場合})$$

【0111】

【数52】

$$S(f) = \frac{2}{nT} \int_0^{nT} x_0(t) \sin(2\pi f t) dt$$

【0112】

【数53】

*は、周期波抽出時の残差成分を新たな対象波形とし(ステップS16)、ステップS14の周期波の抽出を行う。この処理をN回繰り返し、周期波 z_1, z_2, \dots, z_N を得て、その周期波を特定するための係数 $f_1, f_2, \dots, f_N, A_1, A_2, \dots, A_N, \theta_1, \theta_2, \dots, \theta_N$ (これら係数については後述)を得る。

【0103】ここで、最初に抽出した周期波 z_1 (つまり区分波形から抽出した周期波)から、最後に抽出した周期波 z_N (残差成分から抽出した周期波)まで、後に抽出した周期波ほど、波形再現のための重要度が低い。つまり、重要度の高い順に、係数が並んでいることとなる。

【0104】以上のようにして、N個の周期波を抽出し終わると、次に、ステップS17に進む。ステップS17においては、後述する聴感に基づくマスキング処理を行って、削除可能な抽出係数を取り除き、データ圧縮率を高める。その後、CPU50は、残った抽出係数データを圧縮データとして圧縮波形データファイル74に記憶する(ステップS18)。

【0105】上記のようにして、所定区分ごとの波形データに対する圧縮データを、圧縮波形データファイル74に蓄積することができる。また、ステップS18で得られた圧縮データを、通信回路56を介して伝送することもできる。

【0106】図7に、ステップS14の周期波の抽出処理の詳細を示す。まず、ステップS20において、周波数 f を hf_1 に設定する。次に、周期波形 $z(t, f)$ と対象波形 $x_0(t)$ との誤差 $\varepsilon(t, f)$ を算出する(ステップS21)。

【0107】

30 【数49】

※ 【0110】

【数51】

$$C(f) = \frac{2}{nT} \int_0^{nT} x_0(t) \cos(2\pi f t) dt$$

【0113】ここで、 $T=1/f$ であり、 n, nT は整数である。

【0114】上記各式において、 t は時間を示す。ここでは、デジタルデータを扱っているため、この t は離散値となる。

50 【0115】次に、下式に従って、誤差 ε の区分におけ

るエネルギーEを算出する(ステップS22)。

【0116】

【数54】

$$E(f) = \int_0^L \varepsilon(t, f)^2 dt$$

【0117】ここでは、デジタルデータとして扱っているため、上記演算は、各サンプリングタイムにおける誤差の2乗を、区分全体にわたって合計したものとなる。

【0118】次に、周波数を次の周波数hf2に設定する(ステップS24)。この実施例では、最初の周波数hf1を20Hzとし、最高周波数hfMを20KHzとして、その間を、5セント間隔に区切って検出用周波数fを設定している。ここで、セントとは、1オクターブを1200に分割した単位である。周波数hf2を設定した後、再び、ステップS21以下を実行し、誤差およびそのエネルギーを算出する。

【0119】上記の処理を繰り返し、最高周波数hfMまで、誤差およびそのエネルギーを求めると、ステップS25に分岐する(ステップS23)。ステップS25では、上記の処理で用いた周期波形z(t, f)のうち、誤差エネルギーE(t, f)の最も小さいものを選び出す。さらに、抽出した周期波形z(t, f)を特定するための係数f、A、θを抽出係数とする(ステップS26)。

【0120】次に、上記で抽出した周期波形z(t, f)に対応する誤差ε(t, f)を、残差成分として(ステップS27)、抽出処理を終了する。

【0121】なお、この実施形態では、数式49～数式51に示すf、A、θによって周期波形z(t, f)を表したが、下式に示すf、S、Cによって周期波形z(t, f)を表してもよい。

【0122】

【数55】

$$Z(t, f) = S(f) \sin(2\pi f t) + C(f) \cos(2\pi f t)$$

【0123】また、周期波としては、正弦波(余弦波)に限らず、三角波、方形波等、周期を有する波を用いることができる。

【0124】次に、図6のステップS17におけるマスキング処理について説明する。たとえば、ある区分に対する周期波形の抽出が、図8Aに示すような結果になったとする。横軸は、周波数fであり、縦軸は抽出係数A(つまり振幅)である。曲線αは、人間の聴覚による最小可聴限特性(ヒアリング・スレッショルド)と、マスキング効果とを合成して示すものである。したがって、この曲線αより下回る振幅Aしか持たない成分は削除してもよいこととなる。その結果、データ量を減らすことができ、聴感を損ねることなく圧縮率を高めることができる(図8B参照)。

【0125】なお、圧縮率は低下するが、曲線αとして最小可聴限特性(ヒアリング・スレッショルド)のみを用いてもよい。最小可聴限特性(ヒアリング・スレッショルド)は、各周波数成分の振幅Aによらず一定であるから、迅速な処理を行うことができる。

【0126】なお、圧縮時に、係数fに所望の修正係数を乗じることにより、容易かつ正確にピッチの変更を行うことができる。また、区分長に所望の修正係数を乗じることにより、容易かつ正確にテンポの変更を行うことができる。

【0127】4. 圧縮データの構造

図9に、圧縮データの全体構造を示す。最初に、圧縮データ全体に関わるパラメータ等を記憶するメインヘッダ一部が設けられている。これに続いて、各区分ごとのデータを記憶したデータ部が設けられている。1つのデータ部は、1つの区分に対応している。

【0128】図10に、メインヘッダ一部の詳細を示す。“formatType”には、圧縮に用いたプログラムのバージョン情報等が記録される。“samplingFreq”には、A/D変換器78のサンプリング周波数が記録される。“dataType”には、周期波形の係数の表現方法(たとえば、上記のf、A、θとするのか、f、S、Cとするのか)が記録される。“dataFormat”には、上記各データを浮動小数点とするのか固定小数点とするのかが記録される。“mode”には、モノラル、ステレオ、4チャンネル等の区別が記録される。

【0129】図11に、データ部の詳細を示す。“char status”には、ステレオの場合の右chか左chかが記録される。“eventTime”には、その音の生成時刻が記録される。“lifeTime”には、その音の持続時間が記録される。“eventTime”“lifeTime”を記録しておくことにより、区分の長さを可変長にすることができる。また、他の音との同期をとりやすくなる。なお、区分長さが固定の場合には、この“eventTime”“lifeTime”は、記録しなくともよい。

【0130】“freq”には、当該区分において抽出した周期波の周波数fが記録される。上記で説明した実施形態であれば、マスキング処理がなければ、N個の周波数f1, f2, ..., fNが記録されることとなる。“level”には、当該区分において抽出した周期波の振幅Aが記録される。上記で説明した実施形態であれば、マスキング処理がなければ、N個の振幅A1, A2, ..., ANが記録されることとなる。“angle”には、当該区分において抽出した周期波の位相θが記録される。上記で説明した実施形態であれば、マスキング処理がなければ、N個の位相θ1, θ2, ..., θNが記録されることとなる。実際には、マスキング処理によって、不要な周期波の周波数、振幅、位相が削除される。

【0131】なお、これらの係数f、A、θは、重要度の高い順に並んでいる。したがって、伝送速度の限界

で、すべての係数データを伝送できない場合には、先頭のものから順に（サフィックスの小さい順に）伝送可能なものまでを選択して送ればよい。これにより、波形の再現性（圧縮誤差）を極端に劣化させることなく、容易に伝送速度を向上させることができる。

【0132】なお、図11の例では、 $f_1, f_2, \dots, f_N, A_1, A_2, \dots, A_N, \theta_1, \theta_2, \dots, \theta_N$ の順にデータが記憶されているが、 $f_1, A_1, \theta_1, f_2, A_2, \theta_2, \dots, f_N, A_N, \theta_N$ の順に記憶してもよい。

【0133】5. 解凍処理プログラム

次に、圧縮波形データの解凍について説明する。図12、図13に、解凍プログラムを示す。図12がオーディオストリーム処理であり、図13が解凍処理である。ここでは、ハードディスク52に記憶された圧縮波形データファイル74を解凍するものとして説明を進める。なお、フロッピーディスク67に記憶された圧縮波形データや通信回線を介して伝送されてくる圧縮波形データを解凍する場合も、同様である。また、区分長Lは固定であり、図11に示す生成時刻のデータ“eventTime”と、継続時間のデータ“lifeTime”が、圧縮データとして記録されていない場合について説明する。

【0134】まず、CPU50は、圧縮データのメインヘッダ部のデータを取り込んで、これらのパラメータにより初期設定を行う。たとえば、サンプリング周波数をD/Aコンバータに与え、正しい時間レートでアナログ変換がなされるようにする。

【0135】解凍においても、図14に示すように、オーディオ・ストリーム・バッファ76を用いる。オーディオ・ストリーム・バッファ76に、解凍後の再現波形データが蓄積されているものとして、オーディオストリーム処理を説明する（図12、図14参照）。このオーディオストリーム処理は、1サンプル分のD/A変換が終了するごとに、DMAコントローラ63によって実行される。DMAコントローラ63は、読出ポインタRpの位置から、1サンプル分の再現波形データを読み出して、D/A変換器80に与える（ステップS30）。DMAコントローラ63は、読出ポインタRpを次の読み出しに備えて、次のサンプル分の番地に更新する（ステップ

$$Z(t, f) = A \sin(2\pi f t + \theta) \quad \text{または} \quad Z(t, f) = A \cos(2\pi f t + \theta)$$

【0142】続いて、次の係数 f_2, A_2, θ_2 のデータがあるか否かを判断する（ステップS44）。あれば、次の係数 f_2, A_2, θ_2 を取得し（ステップS45）、これに基づいて周期波 z_2 を得る（ステップS43）。この処理を、最後の係数まで繰り返し実行する。処理すべき係数がなくなると、合成処理を行う。

【0143】上記で得られた周期波形 $z_1 \sim z_m$ を下式にしたがって合成すれば、当該区分の波形データを再現することができる。

【0144】

*PS31)。

【0136】上記の処理が、D/A変換器80の1サンプルの変換処理終了ごとに実行される。したがって、D/A変換器80には、順次、再現波形データが与えられることとなる。D/A変換器80は、これをアナログ波形信号に変換して、オーディオアンプ、スピーカ等（図示せず）に出力する。これにより、音楽等の演奏がなされる。

【0137】次に、解凍処理について、図13のフローチャートを参照して説明する。この解凍処理は、所定時間ごとのタイマ割り込みにより実行される。割り込みがあると、CPU50は、区分長Lの再現波形データを記録するだけの余裕が、オーディオ・ストリーム・バッファ76にあるか否かを判断する（ステップS40）。つまり、1週遅れの読出ポインタRp（現在演奏中の部分）が、書込ポインタWpより、区分長L以上先にあれば、余裕があると判断できる（図14の場合）。区分長Lより小さいアドレスしか読出ポインタRpが先行していないようであれば、余裕がないと判断できる。この場合、新たに区分長Lの再現波形データを書き込むと、まだ演奏されていない再現波形データを消去することになるからである。

【0138】なお、区分長Lが固定ではなく、生成時刻“eventTime”、継続時間“lifeTime”が定義されている場合には（図11参照）、書込ポインタWpを生成時刻“eventTime”によって決定し、区分長Lを継続時間“lifeTime”によって決定して、上記の判断を行えばよい。

【0139】ステップS40において、余裕がないと判断した場合には、実質的な解凍処理を行わず、今回の割り込み処理を終了する。

【0140】一方、余裕があると判断した場合には、まだ解凍されていないデータ部（1区分長）の内容を読み出す（ステップS41）。そして、係数 f_1, A_1, θ_1 を取得する（ステップS42）。次に、CPU50は、係数 f_1, A_1, θ_1 に基づいて、下式にしたがって、周期波 z_1 を得る（ステップS43）。

【0141】

【数56】

【数57】

$$x(t) = \sum_{k=1}^m Z_k(t, f)$$

【0145】しかしながら、このようにして再現した各区分ごとの波形データを連結すると、図15のβ部分に示すように、区分の接続点において、波形の不連続が生じることがある。このような不連続は、原波形データが音楽や歌などである場合には、再生時に好ましくない影響（不快音）をもたらす。この不連続は、誤差に起因す

るものであり、圧縮処理時に抽出する周期波の数 N を大きくすることによって、減少させることができる。

【0146】この実施形態では、この不連続を以下の処理によって、解凍時に解消するようにしている。まず、ステップS46において、上記で得られた周期波 $z1 \sim zn$ に対して、スムース処理を施す。図16に、スムース処理の内容を模式的に示す。まず、図16Aに示すように、得られた周期波 $z1$ の区分長 $L1$ を、前後に La 、 Lb だけ延長する($La=Lb$)。次に、図16Bに示すようなスムース関数にて、延長した周期波 $z1$ を切り出す(スムース関数を乗じる)。これにより、図16Cに示すような、スムース処理された周期波 $z1$ を得る。その他の周期波 $z2 \sim zn$ に対しても、同じスムース関数を用いて切り出しを行い、スムース処理された周期波を得る。

【0147】なお、他の区分においても、同様のスムース関数を用いてスムース処理がなされる。図16Dに、当該区分の前の区分におけるスムース関数 γ 、当該区分の次の区分におけるスムース関数 δ を一部分示す。つまり、各区分のスムース関数の位相関係を示すと、図17

に示すようになり、いずれの時点においても、各区分のスムース関数の値を合計すれば"1"となる。

【0148】次に、スムース処理された周期波 $z1 \sim zn$ を足しあわせて合成する(ステップS47)。続いて、前の区分のスムース関数のEND0(図17参照)によってフェードアウトされた部分の合成周期波を、今回の区分のスムース関数のFRIによってフェードインされた部分の合成周期波に足し合わせる(ステップS48)。このようにすることにより、図15に示すような不連続を解消することができる。

【0149】なお、次の区分の先頭部分に足し合わせるために、END1によってフェードアウトされた部分の合成周期波を保持しておく(ステップS49)。

【0150】次に、合成された波形データの完成部分(図17の $LL1$ に対応する部分)を、バッファ76の書込ポイント Wp から書き込む(ステップS50)。さらに、書込ポイント Wp の位置を更新して(ステップS51)、今回の割り込み処理を終了する。以上のようにして、バッファ76に再現波形データが蓄積されていく。

【0151】なお、解凍時に、係数 f に所望の修正係数を乗じることにより、容易かつ正確にピッチの変更を行うことができる。また、区分長に所望の修正係数を乗じることにより、容易かつ正確にテンポの変更を行うことができる。

【0152】6. 圧縮率のダイナミックな変化

上記の圧縮・解凍方法を用いた伝送・受信方法において、伝送路や伝送回路等の状況に応じて圧縮率をダイナミックに変化させることができる。たとえば、伝送路の状況が悪く、大きな通信速度を確立できない場合には、図6のステップS15における繰り返し回数 N を小さく

して、圧縮率を高くすることができる。また、伝送路の状況がよく、通信速度を大きくできる場合には、繰り返し回数 N を大きくして、圧縮誤差を小さくすることができる。

【0153】なお、繰り返し回数 N は変えずに、伝送する抽出係数の数を変化させて、伝送路や伝送回路等の状況に対応するようにしてもよい。

【0154】これらいずれの場合においても、繰り返し回数の小さい処理において得た抽出係数ほど重要度が高いので、これらダイナミックな制御を簡単に行うことができる。

【0155】7. MIDIへの応用

次に、この圧縮・解凍方法を、MIDI (Musical Instrument Digital Interface)に応用した実施形態について説明する。この実施形態においては、MIDIのデータに、上述の圧縮データ(ここではGHA (Generalized Harmonic Analysis)データと呼ぶ)を付加している。これにより、楽器の演奏だけであるMIDIのデータに、歌等を付加することが可能となる。したがって、たとえば、通信カラオケへの応用において、カラオケ演奏だけでなく、コーラスも同時に伝送・再生可能となる。

【0156】一般的に、MIDIデータは、ヘッダチャンクとトラックチャンクを有している。ヘッダチャンクは、そのMIDIファイルについての基本的な情報(時間情報の持ち方等)が格納されている。トラックチャンクには、実際の演奏データ等が格納されている。トラックチャンクにはデータセクションがあり、このデータセクションにイベントと呼ばれる演奏内容等を示すデータが格納されている。データセクションに格納されるイベントには、図18に示すように、MIDIイベント、SysExイベント、メタ・イベントの3種類がある。なお、各イベントの前に格納されているデルタタイムは、直前のイベントからの時間を示している。つまり、直前のイベントが開始されてから、どれだけの時間が経過すれば、当該イベントを開始するかが、デルタタイムとして格納されている。

【0157】MIDIイベントは、演奏データを格納したイベントである。SysExイベントは、主にMIDIのシステム・エクスクルーシブ・メッセージを格納したイベントである。メタ・イベントは、テンポや拍子、歌詞等の情報を格納したイベントである。

【0158】この実施形態においては、ヘッダチャンク、トラックチャンクとは別に、図19に示すようなGHAチャンクを設けている。このGHAチャンクは、最初に、GHAチャンクであることを示す識別子"MTgh"を有している。これに続き、当該チャンクの長さを示すlengthを有している。これに続いて、図9に示した、メインヘッダ一部とデータ部を有している。この実施形態では、GHAチャンクに、コーラスのGHAデータを格納した。再生時には、GHAチャンクは、メタイベントに

よって起動させるようにする。

【0159】上記のようにすれば、MIDIデータにGHAデータを拡張的に含ませて、記録、伝送等を行うことができ、再生時に、GHAデータによるコーラス等の音と、MIDIデータによる演奏との同期をとることができる。

【0160】また、GHAデータは、先に説明したように、係数f、区分長を修正することにより、ピッチ、テンポの変更が容易である。したがって、MIDIデータによる演奏のピッチ変更、テンポ変更にあわせて、容易にGHAデータによるコーラス等のピッチ、テンポを変更することができる。

【0161】図20に、GHAデータを含むMIDIデータを再生する装置のブロック図を示す。SMF(Standard MIDI File)プレーヤ100は、MIDIのシーケンサであり、コンピュータとシーケンサ・ソフトウェア等によって構成される。MIDIデータはMIDI用の音源モジュール102に与えられ、GHAデータはGHAデコーダ104に与えられる。

【0162】MIDIデータによる演奏は、音源モジュール102において再現され、アンプ106を介して、ミキサー110に与えられる。GHAデータによるコーラスは、GHAデコーダ104（図2と同様の構成を持つ）において再現され、アンプ108を介して、ミキサー110に与えられる。ミキサー110において、演奏とコーラスがミックスされて出力される。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の一実施形態による波形データ圧縮装置の全体構成を示す図である。

【図2】この発明の一実施形態による波形データ解凍装置の全体構成を示す図である。

【図3】図1および図2の装置を、CPUを用いて実現した場合のハードウェア構成を示す図である。

【図4】オーディオストリーム処理のフローチャートである。

【図5】オーディオストリーム・バッファの動作を示す概念図である。

【図6】圧縮処理のフローチャートである。

【図7】周期波の抽出処理を示すフローチャートである。

【図8】マスキング処理を示すための図である。

【図9】圧縮データの構造を示す図である。

【図10】圧縮データ（メインヘッダ部）の構造を示す図である。

【図11】圧縮データ（データ部）の構造を示す図である。

【図12】オーディオストリーム処理を示すフローチャートである。

【図13】解凍処理を示すフローチャートである。

【図14】オーディオストリーム・バッファの動作を示す概念図である。

【図15】区分間における波形のずれを示す図である。

【図16】スムーズ処理を示す図である。

【図17】スムーズ処理を示す図である。

【図18】MIDIデータの構造を示す図である。

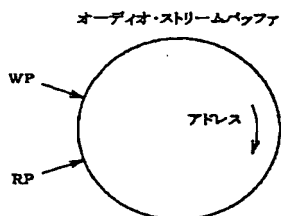
【図19】GHAチャンクの構造を示す図である。

【図20】MIDIデータおよびGHAデータを再生する装置のブロック図である。

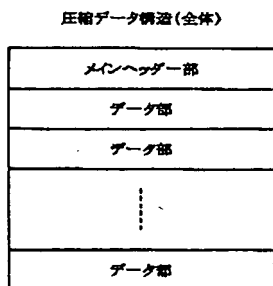
【符号の説明】

- 2・・・区分手段
- 4・・・第1の対象波形決定手段
- 6・・・抽出係数演算手段
- 8・・・第2の対象波形決定手段
- 10・・・出力手段
- 11・・・周期波抽出処理手段
- 12・・・データ取得手段
- 14・・・周期波特定手段14
- 16・・・スムーズ手段
- 18・・・合成接続手段
- 20・・・波形再現手段

【図5】



【図9】



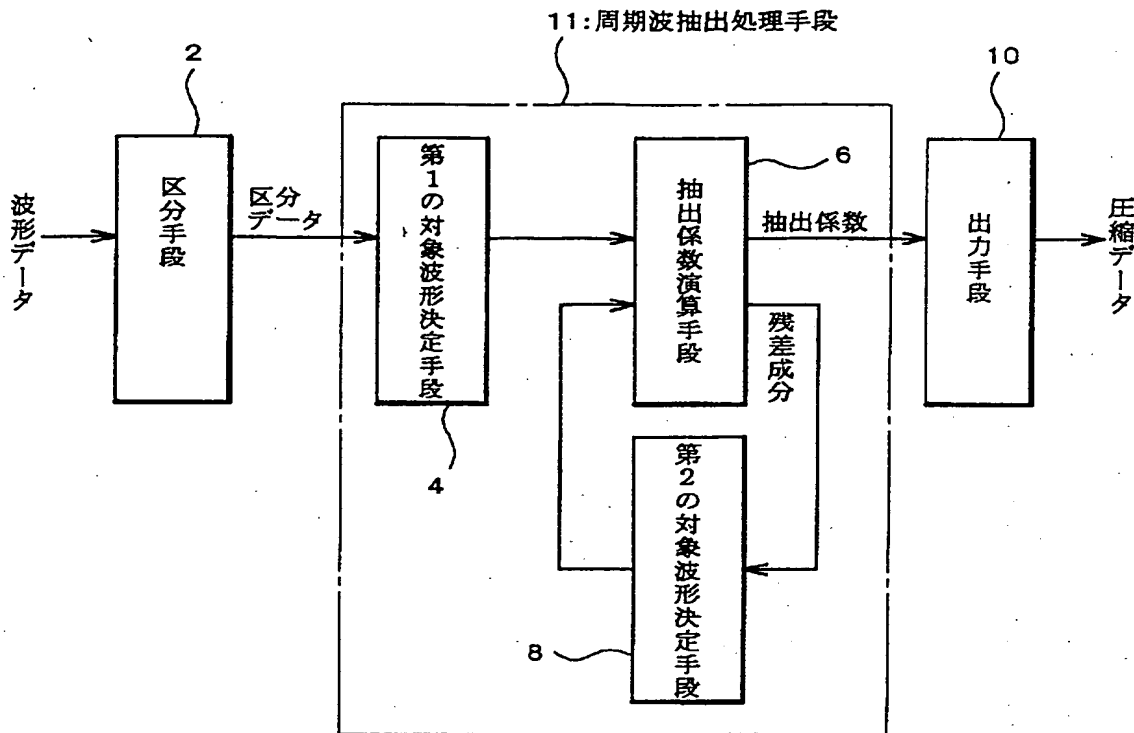
【図10】

圧縮データ構造(メインヘッダ部の詳細)	
format Type	バージョン情報
sampling Freq	サンプリング周波数
data Type	周期波形の表現方法
data Format	浮動小数点、又は固定小数点
mode	モノラル、ステレオ等

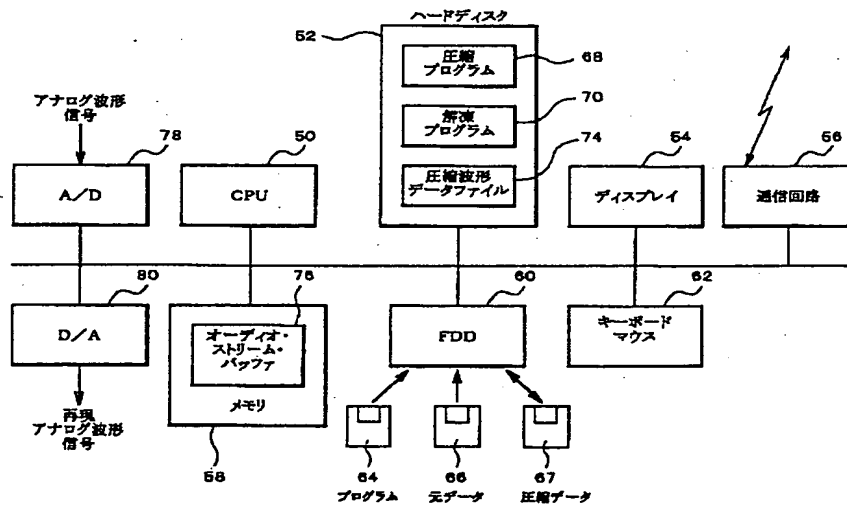
【図19】

"MTgh"
length
メインヘッダ部
データ部
データ部
...

【図1】



【図3】

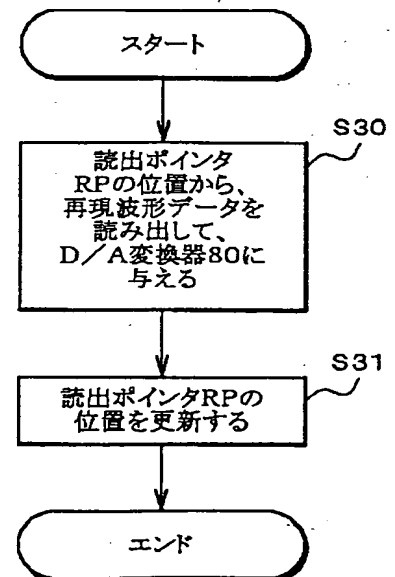


【図18】

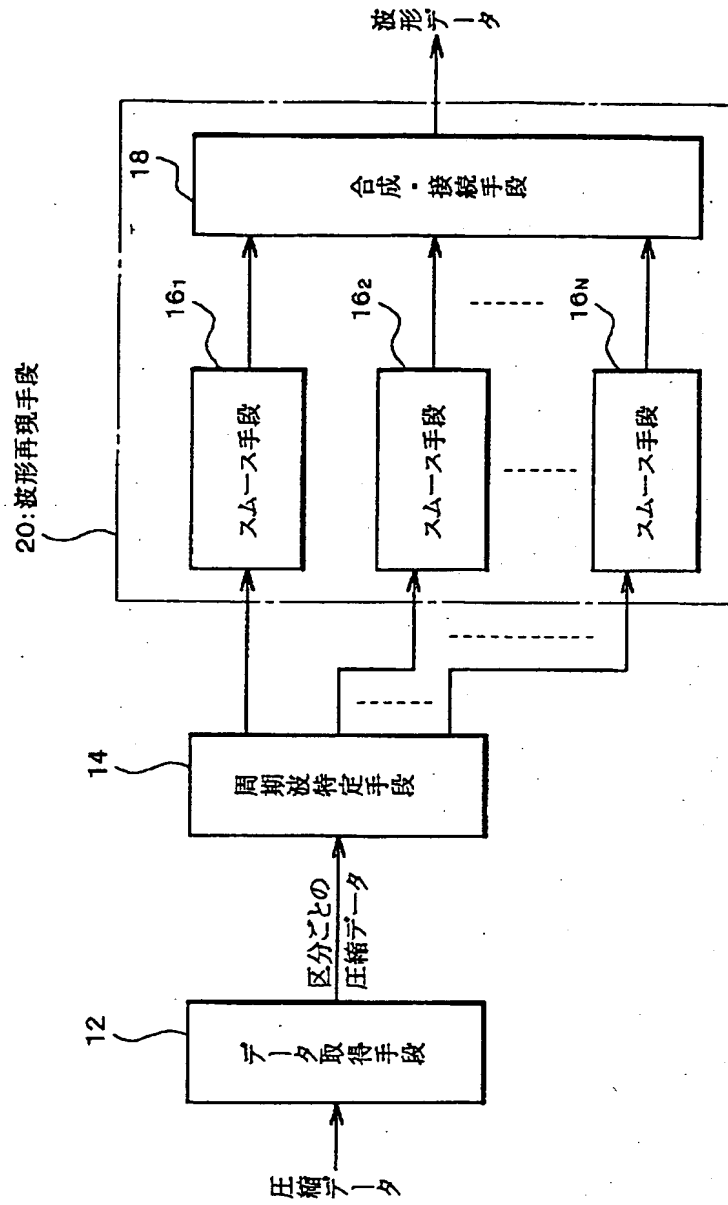
デルタ・タイム	MIDIイベント
デルタ・タイム	SysExイベント
デルタ・タイム	メタ・イベント

【図12】

オーディオストリーム処理
(D/A終了ごとに割込)

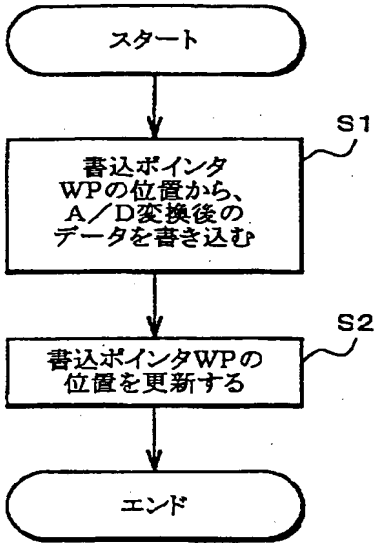


【図2】

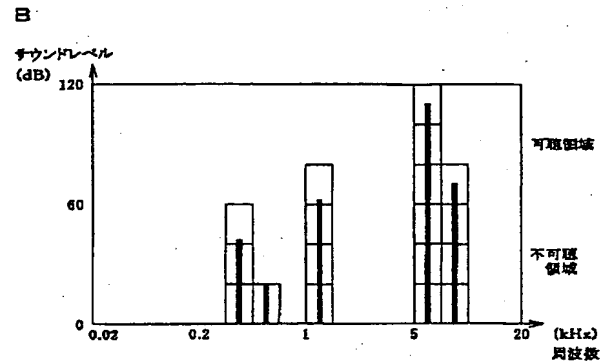
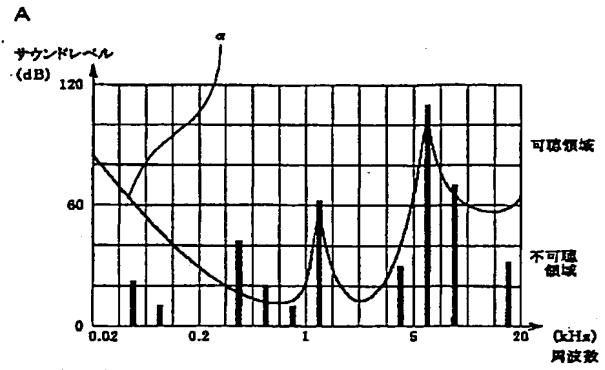


【図4】

オーディオストリーム処理
(A/D終了ごとに割込)



【図8】

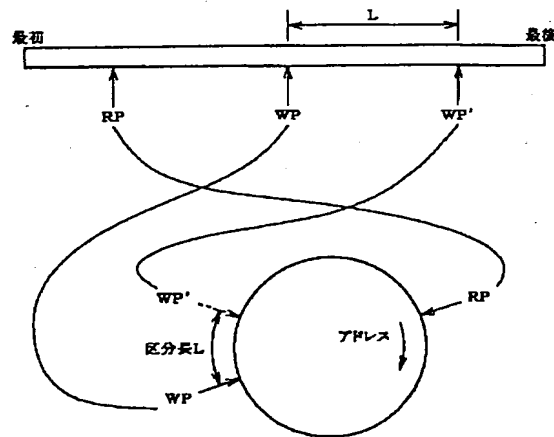


【図11】

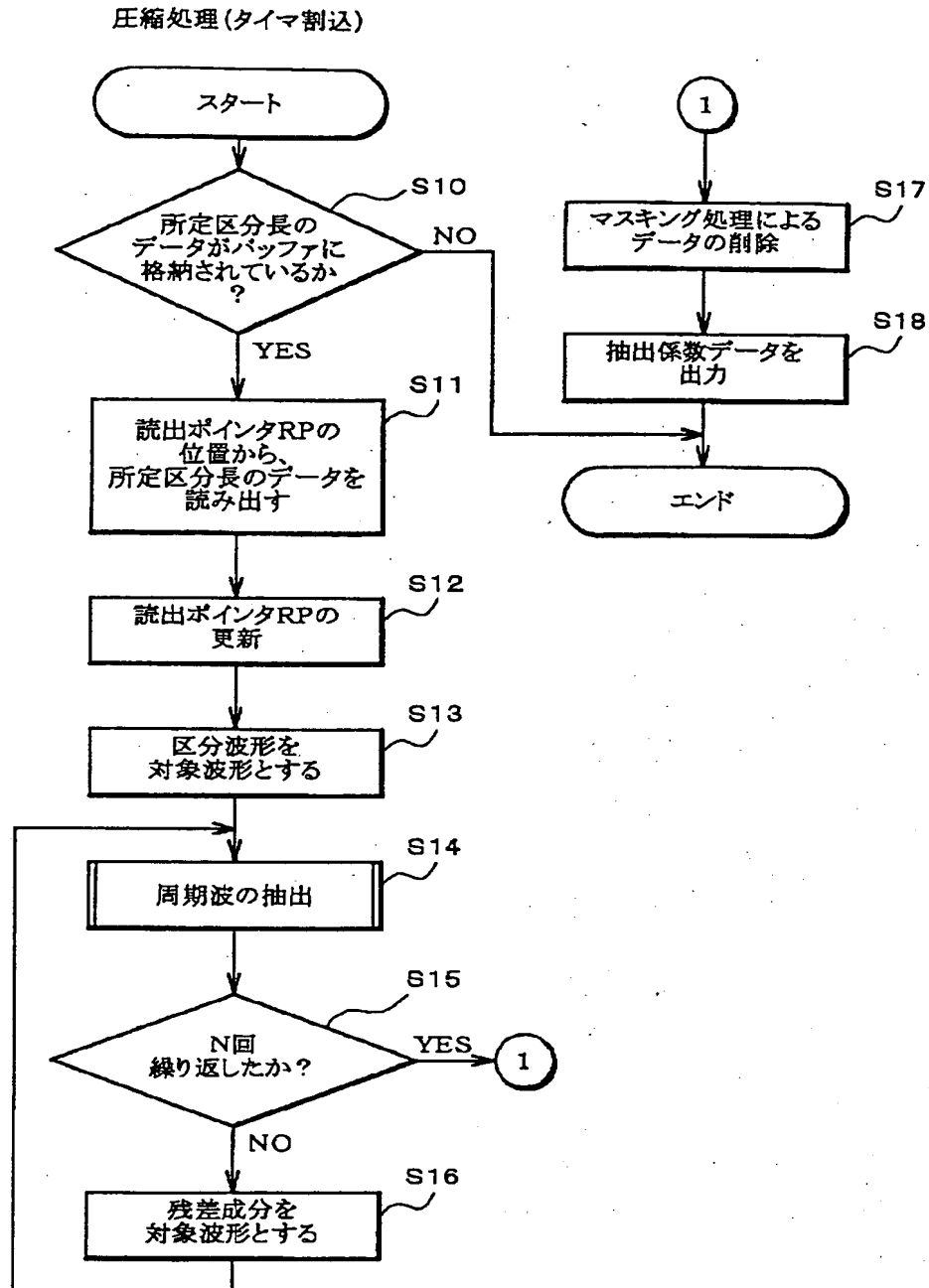
圧縮データ構造（データ部の詳細）

char status	ステレオの場合、右chか左chか
event Time	その音の生成時刻
life Time	その音の持続時間
freq	周波数 f_1, f_2, \dots
level	A_1, A_2, \dots
angle	$\theta_1, \theta_2, \dots$

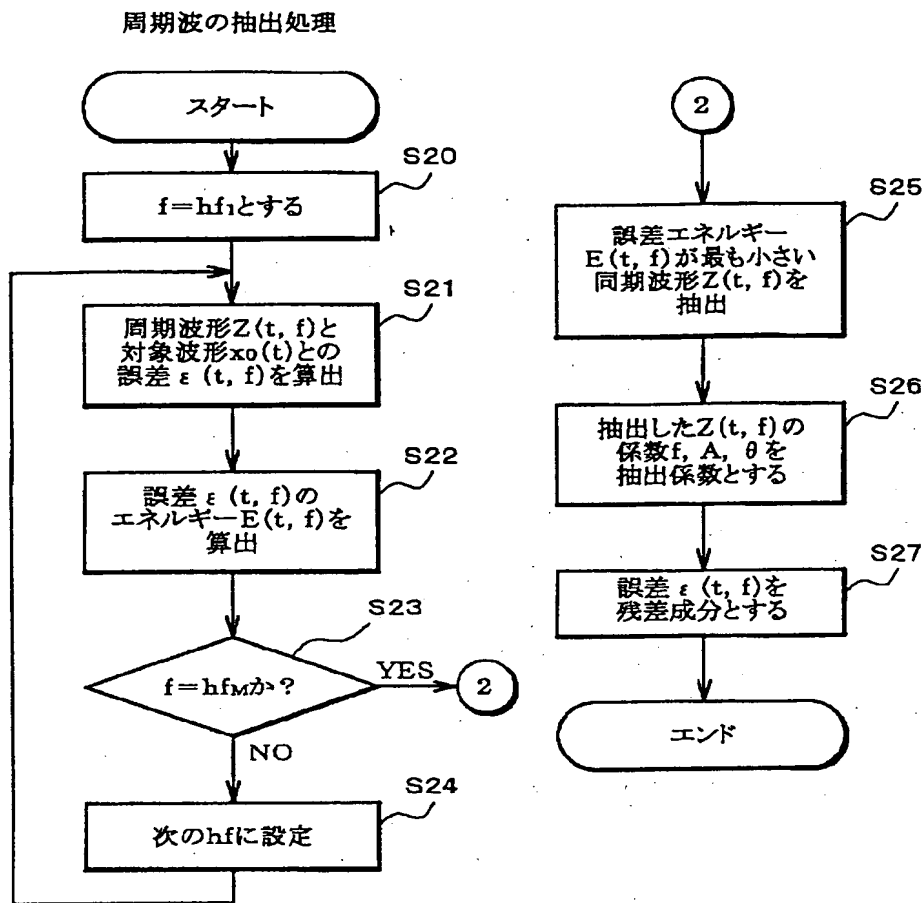
【図14】



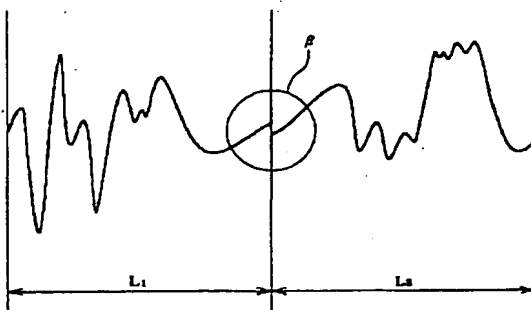
【図6】



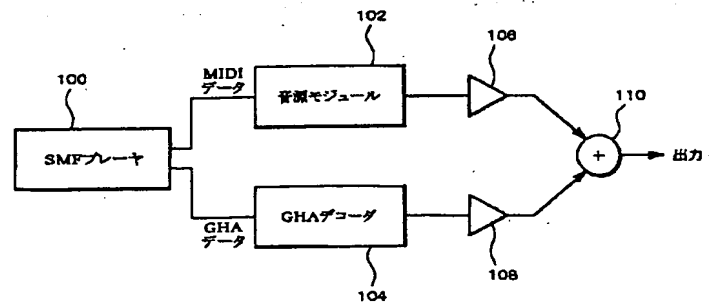
【図7】



【図15】

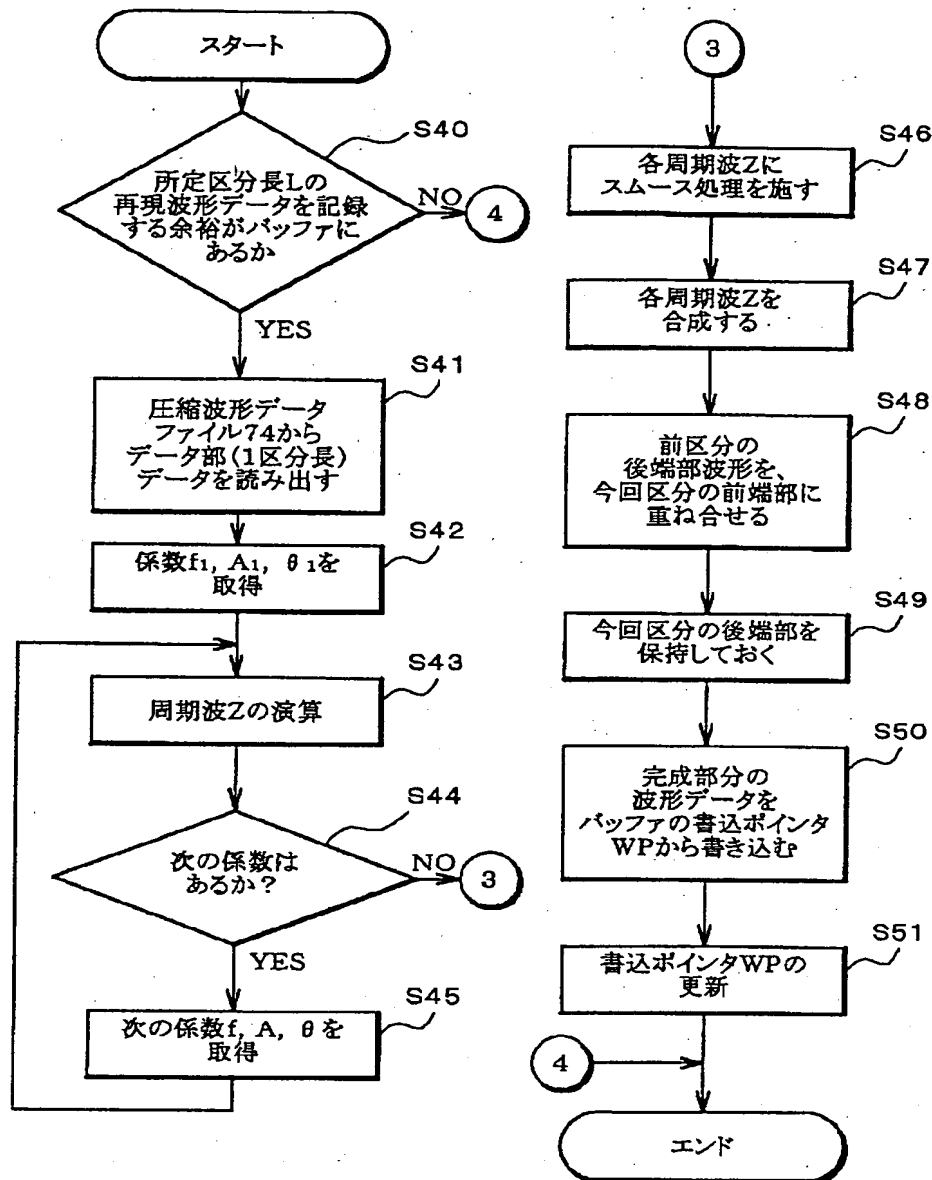


【図20】

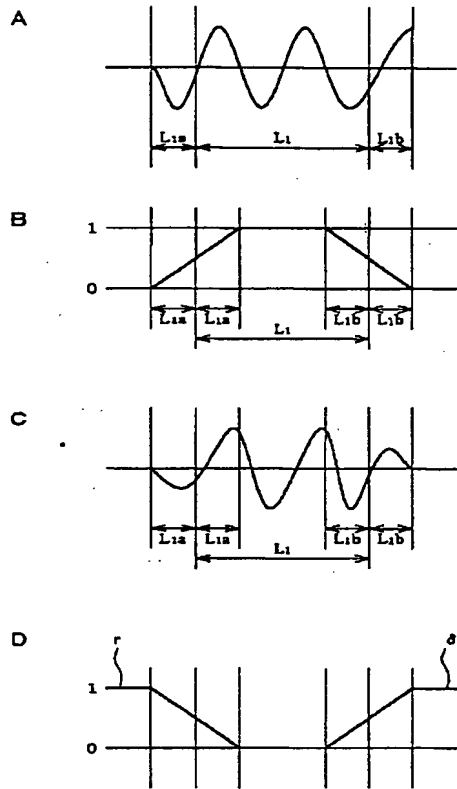


【図13】

解凍処理(タイマ割込)



【図16】



【図17】

